

Zastosowanie terapii V-A ECMO jako krótkoterminowego mechanicznego wspomagania krążenia u pacjentów we wstrząsie kardiogenym

Application of V-A ECMO therapies for short-term mechanical circulatory support in patients with cardiogenic shock

Robert Musiał¹, Tomasz Darocha², Sylwester Kosiński³, Jarosław Stoliński⁴, Jerzy Sadowski⁴, Rafał Drwiła²

¹Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Medycznej
Krakowskiego Szpitala Specjalistycznego im. Jana Pawła II w Krakowie

²Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii
Krakowskiego Szpitala Specjalistycznego im. Jana Pawła II w Krakowie

³Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii w Szpitalu Specjalistycznym
Chorób Płuc im. Olgierda Sokołowskiego w Zakopanem

⁴Oddział Kliniczny Chirurgii Serca, Naczyń i Transplantologii,
Krakowskiego Szpitala Specjalistycznego im. Jana Pawła II,
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Abstract

Background: The aim of the study was to present our experience with short-term mechanical circulatory support by veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (V-A ECMO). A series of cases is described involving patients with symptoms of severe cardiogenic shock successfully treated with V-A ECMO.

Case reports: Depending on indications, veno-venous (V-V) or veno-arterial (V-A) ECMO can be used. The patients described here presented symptoms of severe cardiogenic shock and the ECMO kit was successfully applied as an element of circulatory support. V-A ECMO was used as a bridge to recovery in a patient after pulmonary artery embolectomy and a bridge to heart transplantation in a patient with giant cell myocarditis; in the third case, ECMO was applied to the treatment of cardiogenic shock in deep hypothermia.

Conclusions: The number of cases in which ECMO has been successfully applied in patients with cardiogenic shock and in deep hypothermia is increasingly high; therefore, it seems advisable to elaborate ECMO guidelines to be used in such situations. V-A ECMO is an effective and recognized method of treatment of patients in cardiogenic shock and deep hypothermia.

Key words: cardiogenic shock, deep hypothermia, extracorporeal life support, extracorporeal membrane oxygenation

Słowa kluczowe: wstrząs kardiogeny, hipotermia głęboka, pozaustrojowe wspomaganie funkcji życiowych, membranowe natlenianie pozaustrojowe

Anestezjologia Intensywna Terapia 2015, tom XLVII, nr 4, 336–339

Należy cytować anglojęzyczną wersję: Musiał R, Darocha T, Kosiński S, Stoliński J, Sadowski J, Drwiła R: Application of V-A ECMO therapies for short-term mechanical circulatory support in patients with cardiogenic shock. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2015; 47: 324–327. 10.5603/AIT.2015.0046.

Pierwszego zastosowania membranowego natleniania pozaustrojowego (ECMO, *extracorporeal membrane oxygenation*) dokonał w 1972 roku D.J. Hill u chorego z niewydolnością oddechową [1, 2]. Od tamtego czasu miał miejsce znaczny postęp technologiczny w zakresie aparatury służącej do prowadzenia terapii ECMO. Intensyfikacja stosowania tej formy leczenia nastąpiła w 2009 roku w czasie trwania epidemii grypy wywołanej przez wirusa AH1N1. Wówczas to terapia z podłączeniem żylny-żylnym (V-V ECMO), zapobiegając krytycznemu niedotlenieniu, umożliwiła farmakologiczne leczenie zakażeń o najcięższym przebiegu. Od tamtego czasu *Extracorporeal Life Support Organization* (ELSO) zarejestrowała ponad 32 000 noworodków, 12 000 dzieci i ponad 9000 dorosłych leczonych za pomocą ECMO [3]. Dzięki połączeniu oksygenuatora i pompy odśrodkowej zestaw przeznaczony jest do pozaustrojowego podtrzymywania zarówno obiegu płucnego, jak i systemowego krwi.

Celem doniesienia jest opis zastosowania terapii ECMO w trzech różnych przypadkach.

OPIS PRZYPADKU A

Mężczyzna w wieku 22 lat w ciężkim wstrząsie kardiogenym, na granicy wydolności oddechowej, przytomny, ale z ograniczonym kontaktem (12 pkt. w skali GCS), został przyjęty na Oddział Kliniczny Chirurgii Serca, Naczyni i Transplantologii. Chory był w przeszłości leczony z powodu guza lewego jądra. Przy przyjęciu HR 110 min⁻¹, SAP/DAP 80/50 mm Hg, frakcja wyrzutowa (EF, *ejection fraction*) 0,65, IT III ST ciśnienie skurczowe w prawej komorze (RVSP, *right ventricular systolic pressure*) — 65 mm Hg. W wykonanej tomografii komputerowej potwierdzono maszyną zatorowość płucną oraz zakrzepicę w żyłę główną dolną. Zdecydowano o pilnej operacyjnej embolektomii tętnicy płucnej — zabieg wykonano w krążeniu pozaustrojowym, w hipotermii głębokiej (24°C), z czasowym całkowitym wyłączeniem krążenia (34 min.). Całkowity czas krążenia pozaustrojowego wyniósł 4 h i 10 min.

W czasie operacji usunięto materiał zatorowy z lewej gałęzi tętnicy płucnej i zrewidowano żyłę główną dolną przy pomocy ssaka. Wobec braku możliwości odłączenia krążenia pozaustrojowego po przedłużonej reperfuzji i pomimo wdrożenia maksymalnego farmakologicznego wspomaganie inotropowego, podjęto decyzję o zastosowaniu żylny-

tętniczego membranowego natleniania pozaustrojowego (V-A ECMO). Mimo że pacjent był po operacji kardiochirurgicznej i wykonano u niego sternotomię, nie zdecydowano się na zastosowanie ECMO centralnego. Z uwagi na trudności w uzyskaniu hemostazy w miejscu operacji podjęto decyzję o dostępie pachwinowym. Chirurgicalny dostęp do obu naczyń udowych uzyskano w okolicy lewej pachwiny — wypływ żylny do pompy poprzez kaniulę o rozmiarze 24 F, a powrót przez kaniulę 21 F. Wspomaganie rozpoczęło od przepływu 65 ml kg⁻¹ min⁻¹. Następnie przepływ regulowano w taki sposób, aby uzyskać utlenowanie mieszanej krwi żylny SvO₂ na poziomie 60–70%. Stosowane FIO₂ wynosiło 0,4–0,6, aby osiągnąć prężność tlenu we krwi tętniczej (PaO₂) w granicach 150–200 mm Hg i prężność dwutlenku węgla (PaCO₂) 35–45 mm Hg. Aktywowany czas krzepnięcia (ACT, *activated clotting time*) był utrzymywany w granicach 160–200 s poprzez wlew heparyny, a średnie ciśnienie tętnicze (MAP) na poziomie 60 mm Hg.

W bezpośrednim okresie pooperacyjnym, z powodu akinezy mięśnia sercowego i dysfunkcji zastawek, zastosowano wlew amin katecholowych (adrenaliny, noradrenaliny, dobutaminy) oraz milrinonu. W badaniu echokardiograficznym frakcja wyrzutowa lewej komory (LVEF, *left ventricular ejection fraction*) wynosiła 0,10. Z powodu masywnej utraty krwi stosowano preparaty krwiopochodne. Wykonano także dwukrotną retorakotomię z powodu krwotoku. Ze względu na zaburzenia krzepnięcia i brak możliwości uzyskania skutecznej hemostazy zastosowano gąbki hemostatyczne.

U chorego stosowano konwencjonalną wentylację protekcyjną płuc (VT 6 ml kg⁻¹, f 13 min⁻¹, PEEP 4 cm H₂O). Analgesodację prowadzono za pomocą wlewu fentanylu z midazolamem. Wyniki gazometrii krwi tętniczej w pierwszej dobie leczenia chorego przedstawiono w tabeli 1.

W badaniu patomorfologicznym materiału zatorowego stwierdzono obraz złośliwego, mieszanego germinального nowotworu, w którym dominowało utkanie raka embrionalnego. W 9. dobie zmniejszono przepływ ECMO o 10 % (do 55 ml kg⁻¹ min⁻¹); LVEF wynosiła 0,15. Po kolejnych 2 dobach zmniejszono przepływ ECMO o następne 10 % (do 45 ml kg⁻¹ min⁻¹), a LVEF osiągnęła 0,20. Z powodu ostrej niewydolności nerek stosowano ciągłą terapię nerkozastępczą, wykonano także przezskórną tracheostomię. W 13. dobie podjęto decyzję o usunięciu ECMO. W 30. dobie leczenia

Tabela 1. Przypadek A — wyniki równowagi kwasowo-zasadowej w pierwszej dobie leczenia chorego

Czas wykonania badania	pH	PaCO ₂ (mm Hg)	HCO ₃ (mmol l ⁻¹)	BE (mmol l ⁻¹)	PaO ₂ (mm Hg)	Stężenie mleczanów (mmol l ⁻¹)
Po przyjęciu na oddział	7,176	43,8	13,4	–11,6	254	9,8
Po 24 h terapii ECMO	7,443	43,1	29,0	4,9	199	1,8

ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*) — membranowe natlenianie pozaustrojowe

chorego przytomnego (15 pkt. w skali GCS, CPC [Cerebral Performance Category] — 1), wydolnego oddechow i stabilnego hemodynamicznie przekazano do dalszego leczenia do Kliniki Nowotworów Układowych i Uogólnionych Centrum Onkologii.

OPIS PRZYPADKU B

Kobieta w wieku 57 lat została przyjęta na oddział intensywnej terapii po implantacji kardiostymulatora. W przebiegu hospitalizacji występowały u niej liczne komorowe złożone zaburzenia rytmu serca wymagające wielokrotnej kardiowersji elektrycznej. Po analizie obrazu klinicznego wysunięto podejrzenie zapalenia mięśnia sercowego z burzą elektryczną. Rozpoznanie potwierdzono badaniem histopatologicznym jako olbrzymiokomórkowe zapalenie mięśnia sercowego. Przy przyjęciu chora była przytomna, z ograniczonym kontaktem słownym, z *tachypnoe*, SAP/DAP 100/60 mm Hg, HR 120 min⁻¹. Wynik badania echokardiograficznego ujawnił rozległe zaburzenia kurczliwości odcinkowej mięśnia sercowego, EF 0,12. Z powodu zaburzeń rytmu serca niepoddających się leczeniu farmakologicznemu i kilkakrotnych incydentów zatrzymania krążenia w mechanizmie VF podjęto decyzję o zastosowaniu V-A ECMO jako formy mechanicznego wspomagania krążenia. Wspomaganie rozpoczęto od przepływu 60 ml kg⁻¹ min⁻¹. Następnie przepływ regulowano w taki sposób, aby utrzymać SvO₂ w granicach 60–70%. Wyniki gazometrii krwi tętniczej przedstawiono w tabeli 2.

W siódmej dobie od wdrożenia terapii ECMO, z uwagi na powtarzające się incydenty migotania komór i częstoskurczu komorowego wykonano ablację łącza przedsionkowo-komorowego. W 10. dobie chorą zakwalifikowano do pilnego przeszczepienia serca. Z uwagi na przedłużającą się terapię ECMO i brak dawcy serca w piętnastej dobie wymieniono układ ECMO na nowy. Po siedemnastu dniach terapii wykonano u chorej ortotopowe przeszczepienie serca, usunięto

rozrusznik, a wspomaganie ECMO utrzymano jeszcze przez 2 doby. Stan chorej uległ poprawie — LVEF wynosiła 0,55. Po tygodniu od przeszczepienia serca pacjentka została przekazana na oddział chirurgiczny. W 12. dobie od operacji zdiagnozowano u niej tamponadę serca, którą niezwłocznie odbarczono. Po kolejnych 30 dniach leczenia pacjentka przytomna (GCS 15 pkt., CPC 1), wydolna oddechow, stabilna hemodynamicznie została wypisana do domu z zaleceniami kontroli w poradni transplantacyjnej.

OPIS PRZYPADKU C

Kobieta w wieku 83 lat została przyjęta na oddział intensywnej terapii z powodu tak zwanej przypadkowej, głębokiej hipotermii (ciepłota ciała centralna 25,9°C). W chwili przyjęcia była nieprzytomna (GCS 6 pkt.), z rytmem węzłowym i cechami znacznej niestabilności krążeniowej wymagającej wlewu noradrenaliny oraz dopaminy w dużych dawkach. W trybie natychmiastowym wykonano chirurgiczną implantację układu V-A ECMO poprzez lewe i prawe naczynia udowe z aktywnym wsparciem układu krążenia. Rozpoczęto procedurę ogrzewania pozaustrojowego z parametrami wymiennika ciepła ustalonymi w taki sposób, aby uzyskać normotermię w ciągu około 3 h. Dodatkowo, w celu uniknięcia zespołu *rescue collapse*, który może wikłać ogrzewanie na każdym etapie leczenia, terapię pozaustrojową planowano kontynuować przez 24 h. Po uzyskaniu normotermii i stabilizacji układu krążenia, z uwagi na objawy niedokrwienia kończyny dolnej lewej, po 20 h prowadzenia terapii pozaustrojowej, zdecydowano o usunięciu układu. W warunkach bloku operacyjnego usunięto układ ECMO oraz wykonano embolektomię lewej kończyny dolnej. W 2. dobie leczenia chorą ekstubowano; LVEF wynosiła 0,45. W 3. dniu hospitalizacji przytomną (GCS 15 pkt., CPC 1), stabilną krążeniowo i oddechow chorą przeniesiono na oddział internistyczny szpitala rejonowego. Wyniki gazometrii krwi tętniczej w pierwszej dobie terapii ECMO przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Przypadek B — wyniki równowagi kwasowo-zasadowej w 1. dobie leczenia

Czas wykonania badania	pH	PaCO ₂ (mm Hg)	HCO ₃ (mmol l ⁻¹)	BE (mmol l ⁻¹)	PaO ₂ (mm Hg)	Stężenie mleczanów (mmol l ⁻¹)
Po przyjęciu na oddział	7,486	16,7	11,7	-1,0	149,0	0,9
Po 24 h terapii ECMO	7,419	40,8	25,9	1,8	165,0	0,7

ECMO (extracorporeal membrane oxygenation) — membranowe natlenianie pozaustrojowe

Tabela 3. Przypadek C — wyniki równowagi kwasowo-zasadowej w pierwszej dobie terapii ECMO

Czas wykonania badania	pH	PaCO ₂ (mm Hg)	HCO ₃ (mmol l ⁻¹)	BE (mmol l ⁻¹)	PaO ₂ (mm Hg)	Stężenie mleczanów (mmol l ⁻¹)
Po przyjęciu na szpitalny oddział ratunkowy	7,14	36,2	12,5	-15,2	105	3,1
Po uzyskaniu normotermii	7,28	28,5	13,1	-12,10	163	0,8

ECMO (extracorporeal membrane oxygenation) — membranowe natlenianie pozaustrojowe

DYSKUSJA

W każdym z opisanych przypadków kluczowym elementem wpływającym na przeżycie leczonych chorych było użycie układu wspomagającego zarówno pracę płuc, jak i serca. U wszystkich chorych występowały objawy ciężkiego wstrząsu kardiogenego, a zestaw ECMO stosowano z powodzeniem jako element wspomagania przede wszystkim krążeniowego. Uzyskano w ten sposób pomost dla leczenia przyczynowego i do ostatecznego wyleczenia.

Podstawę mnogości zastosowań systemu stanowią jego cechy techniczne i kliniczne. System ten może funkcjonować na podstawie dostępu do naczyń obwodowych i ma stosunkowo liberalne wymagania odnośnie do antykoagulacji. Jest mobilny i może być stosowany przez dłuższy czas, a nawet może przemieszczany razem z pacjentem. Zapewnia dobrą sterowność i płynność wspomagania w zakresie parametrów oddechowych, krążeniowych, a nawet — co udowadnia opisany przypadek C — termicznych.

Zastosowanie układu wspomagającego pracę płuc i serca w konfiguracji żylna-tętnicza nie jest pozbawione ryzyka powikłań. Należą do nich krwawienie i wiążąca się z tym konieczność przetaczania preparatów krwi, odma opłucnowa, ostra niewydolność nerek oraz zespół małego rzutu wymagający stosowania amin katecholowych [4]. Właściwe zasady kwalifikacji chorych i ścisłe monitorowanie funkcji życiowych pozwalają jednak na ich wczesne rozpoznanie i szybkie podjęcie skutecznego leczenia.

Ostatni z przedstawionych przypadków stanowi przykład zastosowania ECMO z powodu odmiennych wskazań. Ogrzewanie pozaustrojowe w głębokiej hipotermii stanowi „złoty standard” leczenia i jest z powodzeniem stosowane w wielu ośrodkach [5–8]. W ostatnich latach zarysowuje się trend ku stosowaniu ECMO jako metody z wyboru [9–13]. Warto zaznaczyć, że za depresję układu krążenia w przypadkowej hipotermii w dużym stopniu odpowiada głębokie upośledzenie czynności zarówno skurczowej jak i rozkurczowej serca [14]. Ponadto, podczas ogrzewania istnieje ryzyko wystąpienia obrzęku płuc i niewydolności oddechowej. Wykorzystanie ECMO u chorych w głębokiej hipotermii ma zatem charakter zarówno terapii przyczynowej (ogrzewanie), jak i objawowej (wspomaganie krążeniowo-oddechowe). Przypadkowa hipotermia jest rozpoznawana rzadko, ale częstość jej występowania bywa prawdopodobnie w dużym stopniu niedoszacowana. Jednocześnie, efekty leczenia chorych w najgłębszych stadiach wychłodzenia, z zatrzymaniem krążenia włącznie, okazały się nadspodziewanie dobre przy zastosowaniu technik ogrzewania pozaustrojowego [8–13].

Obecnie są w Polsce wytyczne zastosowania pozaustrojowej oksigenacji krwi (ECMO) w leczeniu ostrej niewydolności oddechowej [15]. W obliczu szybko rosnącej liczby skutecznego zastosowania ECMO we wstrząsie kardiogenym oraz w głębokich stadiach hipotermii wydaje się wskazane wypracowanie standardów zastosowania pozaustrojowego

natleniania współistniejącego ze wspomaganiem układu krążenia w tychże sytuacjach klinicznych.

PODZIĘKOWANIA

1. Autorzy dziękują pracownikom Tatrzańskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego oraz Górskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego za współpracę.
2. Praca nie była finansowana.
3. Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

Piśmiennictwo:

1. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ et al.: Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). *N Engl J Med* 1972; 286: 629–634. doi: 10.1056/NEJM197203232861204.
2. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR et al.: Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1976; 22: 80–93.
3. Extracorporeal Life Support Organization <http://www.elsonet.org>.
4. Abrams D, Combes A, Brodie D: Extracorporeal membrane oxygenation in cardiopulmonary disease in adults. *J Am Coll Cardiol* 2014; 63: 2769–2778. doi: 10.1016/j.jacc.2014.03.046.
5. Brown DJ, Brugger H, Boyd J et al.: Accidental hypothermia. *N Engl J Med* 2012; 367: 1930–1938. doi: 10.1056/NEJMra1114208.
6. Durrer B, Brugger H, Syme D: The medical on-site treatment of hypothermia ICAR-MEDCOM recommendation. *High Alt Med Biol* 2003; 4: 99–10. doi: 10.1089/152702903321489031.
7. Soar J, Perkins GD, Abbas G et al.: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 2010; 81: 1400–1433. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.08.015.
8. Wanscher M, Agersnap L, Ravn J et al.: Outcome of accidental hypothermia with or without circulatory arrest: experience from the Danish Praesto Fjord boating accident. *Resuscitation* 2012; 83: 1078–1084. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.05.009.
9. Ruttman E, Weissenbacher A, Ulmer H et al.: Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 134: 594–600. doi: 10.1016/j.jtcvs.2007.03.049.
10. Scaife ER, Connors RC, Morris SE et al.: An established extracorporeal membrane oxygenation protocol promotes survival in extreme hypothermia. *J Pediatr Surg* 2007; 42: 2012–2016. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2007.08.018.
11. Hagiwara S, Yamada T, Furukawa K et al.: Survival after 385 min of cardiopulmonary resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation and rewarming with haemodialysis for hypothermic cardiac arrest. *Resuscitation* 2011; 82: 790–791. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.11.032.
12. Boue Y, Lavolaine J, Bouzat P et al.: Neurologic recovery from profound accidental hypothermia after 5 hours of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2014; 42: 167–170. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182a643bc.
13. Morley D, Yamane K, O'Malley R et al.: Rewarming for accidental hypothermia in an urban medical center using extracorporeal membrane oxygenation. *Am J Case Rep* 2013; 14: 6–9. doi: 10.12659/AJCR.883728.
14. Tveita T, Ytrehus K, Myhre ES et al.: Left ventricular dysfunction following rewarming from experimental hypothermia. *J Appl Physiol* 1998; 85: 2135–2139.
15. Lango R, Szkulmowski Z, Maciejewski D et al.: Protokół zastosowania pozaustrojowej oksigenacji krwi (ECMO) w leczeniu ostrej niewydolności oddechowej. *Anestezjol Intens Ter* 2009; 4: 253–258.

Adres do korespondencji:

Robert Musiał
Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Medycznej
Krakowski Szpital Specjalistyczny
im. Jana Pawła II
ul. Prawdnicza 80, 31-202 Kraków
e-mail: r.musial@aclex.com.pl

Otrzymano: 23.10.2014 r.

Zaakceptowano: 31.03.2015 r.